

MTF052 STRÖMNINGSMEKANIK

**Tentamen onsdagen den 19 oktober 2011, kl 8:30-13:30, V-huset
(OBS! 5-timmarstenta)**

Hjälpmedel: Teoridelen:
Inga hjälpmedel tillåtna

OBS! Före tentamen skall hjälpmedlen lämnas på en av vakten anvisad plats. Lösningarna på teoriuppgifterna inlämnas vid godtycklig tidpunkt, varefter hjälpmedlen får användas vid lösandet av problemen.

Problemdelen:

Tillåtna hjälpmedel är läroboken ("Fluid Mechanics", Frank M. White), Data och Diagram, matematiska tabeller, räknedosa, av institutionen utgivna formelsamlingar och material, föreläsningssanteckningar - dock **ej** lösta exempel.

Lösningar: Anslås på institutionens anslagstavla torsdag 20 oktober 2011

Betygsgränser: Maximal poängsumma är 85 p. Betyg 3 \geq 34p, 4 \geq 51p, 5 \geq 68p

Tentaresultat: Meddelas senast tisdag 8 november 2011

Granskning: Onsdag 9 november 2011, kl 11.45-12.45
Torsdag 10 november 2011, kl 10.00-12.00

Göteborg den 14 oktober 2011

Alf-Erik Almstedt, tel 772 1407

TILLÄMPAD MEKANIK
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg

Besök: Hörsalsvägen 7 B, 4 tr
Telefon: 031-772 37 87
E-post: ullt@chalmers.se
Webb: www.chalmers.se/am

Chalmers tekniska högskola AB
Organisationsnummer 556479-5598



Teoriuppgifter

- T1. Förklara begreppen: stationär, inkompressibel, friktionsfri, och turbulent strömning. (4p)
- T2. Om man håller tummen för övre änden i ett sugrör fyllt med vatten så rinner inte vattnet ut. Hur hög kan en vattenpelare i ett rör bli om övre änden är tät och den undre är öppen? (2p)
- T3. Hur definieras (volymmedelvärderade) medelhastigheten genom en yta (för inkompressibel strömning)? (2p)
- T4. Rita en kontrollvolym i form av en kub och märk ut spänningarna som verkar på kubens ytor i en av riktningarna, samt teckna ett uttryck för den resulterande kraften i den riktningen. (3p)
- T5. Navier-Stokes ekvation i x-riktningen ser ut som följer:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = g_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\mu}{\rho} \left\{ \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right\}$$

Förklara de ingående termerna. Under vilka förutsättningar gäller Navier-Stokes ekvation? (6p)

- T6. Strömningsmotståndet, F_D , för en omströmmad kropp kan delas upp i ett formmotstånd, F_{Dn} , och ett friktionsmotstånd, F_{Df} . Visa utgående från Reynolds likformighetslag att formmotståndet kan skrivas som

$$F_{Dn} = C_{Dn}(\text{Re}) \cdot A_p \cdot \frac{\rho U^2}{2}$$

där motståndskoefficienten C_{Dn} enbart är en funktion av Reynolds tal. (5p)

- T7. Förklara hur man mäter hastigheten med ett Prandtlrör ("Pitot-Static Tube"). (3p)

- T8. Visa att statiska trycket är oberoende av avståndet från väggen i ett laminärt tvådimensionellt gränsskikt. Utgå från NS i y-led på dimensionslös form:

$$\bar{u} \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} = - \frac{\partial \bar{p}}{\partial y} + \frac{1}{\text{Re}} \left(\frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial y^2} \right)$$

Följande storleksuppskattningar gäller och behöver ej visas:

$$\bar{u} \sim 1, \bar{v} \sim \delta \text{ och } \text{Re} \sim \frac{1}{\delta^2}. \quad (4p)$$

T9. Förklara uppkomsten av von Kármáns virvelgata.

(3p)

T10. Förklara med hjälp av en figur hur trycket och hastigheten varierar för olika mottryck i ett konvergent munstycke, vid utströmning från en stor behållare med trycket p_0 . Vad gäller för massflödet vid olika mottryck?

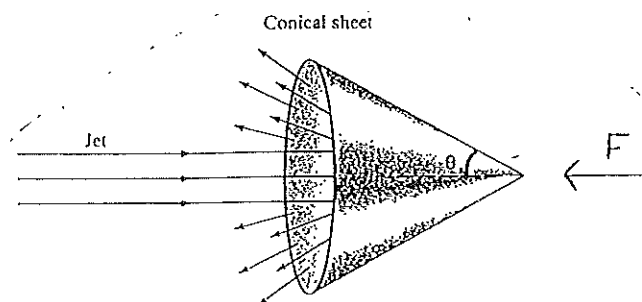
(3p)

Problem

P1. En vertikal vattenstråle ($\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$) med diametern 5,0 cm och hastigheten 10 m/s träffar en kon och avböjs så att hastigheten på vattnet blir parallell med konens vägg (se figur). Beräkna vilken kraft som krävs för att hålla konen stilla om toppvinkeln är

- a) 60°
- b) 90° (vinkelrätt anströmmad rund platta)

Vattnet som lämnar konen antas ha samma hastighet som strålen.



(10p)

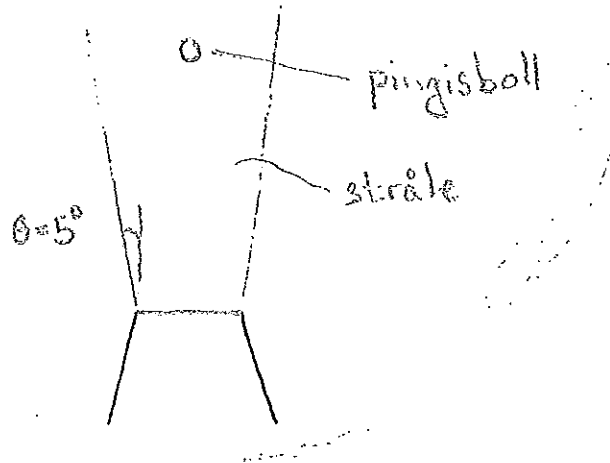
P2. En törstig KTH-teknolog sitter en solig vårdag på sin terrass och dricker saft med sugrör ur ett glas. Han använder 4 st smala sugrör med innerdiameter 2 mm och dricker 18 milliliter per sekund. Efter ett tag får han kramp i sugmusklerna och byter ut de fyra smala sugrören mot ett sugrör med innerdiameter 4 mm. Beräkna hur mycket mindre effekt i procent han behöver utveckla genom att använda det tjockare sugröret förutsatt att samma flöde ska bibehållas. Alla sugrören är 2 dm långa och kan betraktas som släta. Deras övre ände är 1 dm ovanför saftytan i glaset.

Saften har en temperatur på 10°C och kan antas ha samma egenskaper som vatten. Strömningen i rören får betraktas som fullt utbildad och engångsförlustkoefficienten vid rörets inlopp är $K = 0,4$.

(10p)

P3. En fattig teknolog blir erbjuden en bra lön för att utforma en manick till en utställning med fysikaliska leksaker. Hon väljer att utforma ett munstycke med diametern 0,2 m ur vilket en luftstråle blåser rakt uppåt med hastigheten 20 m/s. I denna stråle ämnar hon låta en pingisboll sväva. Beräkna på vilken höjd över munstycket bollen kommer att sväva om strålen vidgar sig med vinkeln 5° enl figur.

Bollens diameter är 40 mm och den väger 2,7 g. (I verkligheten drar strålen med sig luft från omgivningen så massflödet blir högre än vad som kommer ut ur munstycket. Denna effekt får försummas.)



(10p)

P4. I ett turbulent gränsskikt i vatten uppmättes medelhastigheten som funktion av avståndet från väggen. Man får följande resultat:

y (mm)	\bar{u} (m/s)
3,53	0,1022
5,50	0,1130
8,58	0,1195
13,36	0,1270
20,88	0,1347
32,50	0,1414
49,58	0,1580
68,38	0,1712
88,88	0,1804
129,89	0,1873

Beräkna väggskjuvspänningen samt hastigheten i en punkt på avståndet 0,1 mm från väggen. (10p)

P5. Från en stor behållare med trycket 3,0 MPa och temperaturen 25°C strömmar luft genom en riktigt konstruerad lavalldysa. I utloppet mäter ett pitotrör stagnationstrycket 1,2 MPa. Vilken statisk temperatur och vilket machtal råder i mynningen, om isentropisk strömning förutsättes?

Tips: Framför pitotröret bildas en rak stöt.

(10p)